



(19)

(11) Publication number: **11064001 A**

Generated Document.

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(21) Application number: 09230236

(51) Intl. Cl.: G01C 19/56 G01P 9/04

(22) Application date: 12.08.97

(30) Priority:

(43) Date of application
publication: 05.03.99(84) Designated contracting
states:

(71) Applicant: MURATA MFG CO LTD

(72) Inventor: MOCHIDA YOICHI

(74) Representative:

**(54) ANGULAR VELOCITY
SENSOR**

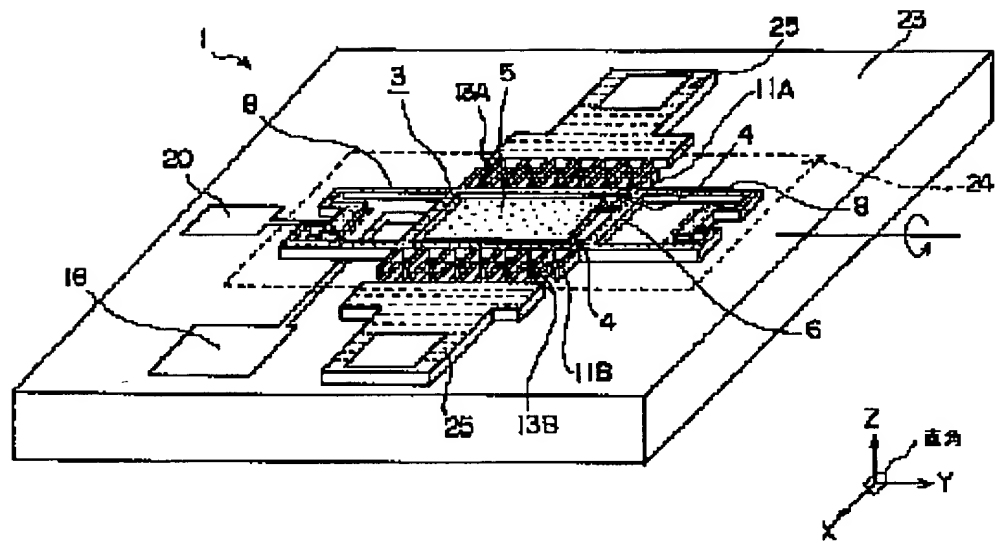
(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an angular velocity sensor for detecting accurately the rotational angular velocity around a Y-axis on an X-Y 2-dimensional plane.

SOLUTION: A planar vibration body 3 is constituted of a combined body, wherein a weight vibration body 5 is connected inside a rectangular frame body 6 via a connection beam 4, supported with a supporting beam 8 which is oscillatable in an X-direction. Mobile electrodes 11A and 11B are protruded at an outside end part of the frame body 6, while fixed electrodes 13A and 13B are provided on the facing side. The weight vibration body 5 is a vertical movement side electrode, with a lower part electrode 16 provided on the facing. Related to the connection beam 4, the rigidity in a Z-axis direction of the direction for detecting vibrating direction of the weight

vibration body 5 is made smaller than that in the X-direction of the direction for detecting the vibration direction of the plane vibration body 3, while, relating to the supporting beam 8, the rigidity in the X-direction is made smaller than that in the Z-direction. The planar vibration body 3 is oscillated in the X-direction to cause Coriolis force in the Z-direction by rotation around a Y-axis, when only the weight vibration body 5 of the planar vibration body 3 is oscillated in the Z-direction for detecting an angular velocity about the Y-axis.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-64001

(43)公開日 平成11年(1999) 3月5日

(51)Int.Cl.⁶

G 0 1 C 19/56

G 0 1 P 9/04

識別記号

F I

G 0 1 C 19/56

G 0 1 P 9/04

審査請求 未請求 請求項の数4 F D (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平9-230236

(22)出願日 平成9年(1997) 8月12日

(71)出願人 000006231

株式会社村田製作所

京都府長岡京市天神二丁目26番10号

(72)発明者 持田 洋一

京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式
会社村田製作所内

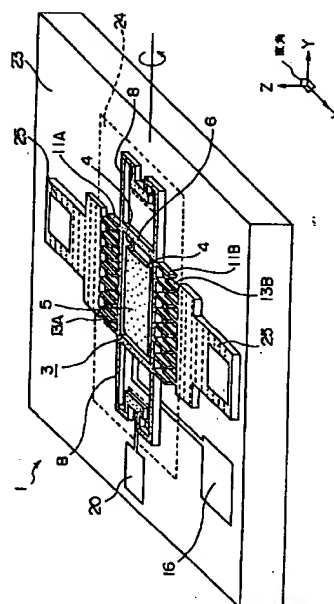
(74)代理人 弁理士 五十嵐 清

(54)【発明の名称】 角速度センサ

(57)【要約】

【目的】 X, Y二次元平面のY軸回りの回転角速度を正確に検出可能な角速度センサを提供する。

【解決手段】 平面振動体3は直角四辺形状の枠体6の内側に連結梁4を介して重り振動体5を連結した結合体により構成し、支持梁8でX方向に振動可能に支持する。枠体6の外端部に移動電極11A, 11Bを突設し、その対向側に固定電極13A, 13Bを設ける。重り振動体5は垂直移動側電極とし、その対向側に下部電極16を設ける。連結梁4は重り振動体5の検出振動方向となるZ軸方向の剛性を平面振動体3の振動方向であるX方向の剛性よりも小さく形成し、支持梁8はX方向の剛性をZ軸方向の剛性よりも小さく形成することで、平面振動体3をX方向に励振させてY軸回りの回転によりZ軸方向のコリオリ力が発生したとき、平面振動体3の重り振動体5だけがZ軸方向に振動し、Y軸回りの角速度を検知する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 枠体の内側に連結梁を介して重り振動体が連結されて枠体と重り振動体の結合体によって平面振動体が形成され、この平面振動体は固定基板に支持梁を介して X、Y 二次元平面の X 方向の振動が可能に支持されており、前記枠体の外端部には移動電極が設けられ、固定基板側には該移動電極と間隔を介して固定電極が設けられ、また、前記重り振動体には垂直移動側電極が設けられるとともに該垂直移動側電極と間隔を介した対向側には固定対向電極が設けられ、前記移動電極と固定電極の組は平面振動体を静電力によって X 方向に振動させる励振電極として構成され、前記垂直移動側電極と固定対向電極の組は Y 軸回りの回転の角速度変化に対応する重り振動体の前記 X、Y 平面に垂直な Z 軸方向の振動振幅を検出する Y 軸回り角速度検出電極として構成され、前記連結梁は前記重り振動体の検出振動方向となる Z 軸方向の剛性が平面振動体の振動方向である X 方向の剛性よりも小さく形成され、前記支持梁は前記平面振動体の振動方向である X 方向の剛性が前記重り振動体の検出振動方向となる Z 軸方向の剛性よりも小さく形成されていることを特徴とする角速度センサ。

【請求項 2】 重り振動体は四角形状を呈しており、連結梁は L 字形状を呈しており、重り振動体の四隅部にはそれぞれ連結梁の L 字形状の短辺の先端側が接続され、各連結梁の L 字形状の長辺は重り振動体の辺に間隔を介して沿わせて前記 L 字形状の短辺の先端側が接続されている隅部の反対側の隅部に向けて伸設されてその伸設先端側が枠体側に接続されていることを特徴とする請求項 1 記載の角速度センサ。

【請求項 3】 連結梁は平面振動体の振動方向となる X 方向と直交する Y 方向に設けられていることを特徴とする請求項 1 記載の角速度センサ。

【請求項 4】 固定基板側に重り振動体と間隔を介して、重り振動体に静電力を印加するための静電力印加電極を設けたことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか 1 つに記載の角速度センサ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、角速度を検出する角速度センサに関するものである。

【0002】

【従来の技術】マイクロマシニングによる微小振動子を利用した角速度センサが開発されており、図 6 には、本出願人が、特開平 8-184448 号公報に提案した角速度センサが示されている。同図に示すように、角速度センサ 1 は、平面振動体 3 を有しており、平面振動体 3 は、枠体 6 の内側に連結梁 4 を介して重り振動体 5 が連結されて枠体 6 と重り振動体 5 の結合体によって形成されている。重り振動体 5 は、振動体として機能する以外に垂直移動側電極としての機能も有し、この重り振動体

5 と下部電極 16 の組は、重り振動体 5 と下部電極 16 との間の静電容量の変化を検知することにより、Y 軸回りの回転の角速度変化に対応する重り振動体 5 の Z 軸方向の振動振幅を検出する、Y 軸回り角速度検出電極としても機能する。

【0003】この平面振動体 3 は固定基板 21 に、かぎ爪形状（コ字形状）の支持梁 8 を介して、X、Y 二次元平面の X 方向および Y 方向の振動が可能に支持されており、枠体 6 の外端部には櫛歯電極の移動電極 10A、10B、11A、11B が設けられ、固定基板 21 側には移動電極 10A、10B、11A、11B と間隔を介して固定電極 12A、12B、13A、13B が設けられている。移動電極 11A、11B と固定電極 13A、13B の組は、平面振動体 3 を静電力によって X 方向に振動させる励振電極として構成されている。

【0004】前記重り振動体 5 には、図示されていない垂直移動側電極が設けられており、この垂直移動側電極と間隔を介した対向側には固定対向電極としての下部電極 16 が設けられている。

【0005】この提案の角速度センサにおいては、平面振動体 3 における X 方向の振動の共振周波数と重り振動体 5 における Z 軸方向（Z 方向）の共振周波数とがほぼ一致するように調整されており、この調整により、重り振動体 5 と枠体 6 とは Z 方向の振動の共振周波数が互いに異なる共振周波数を有するようになっている。

【0006】このセンサにおいて、移動電極 11A、11B と固定電極 13A、13B とにより、平面振動体 3 を静電力によって X 方向に振動させた状態で、Y 軸回りの回転が作用すると、振動方向（X 方向）と回転軸方向（Y 方向）の両方に直交する Z 方向に次式（1）に示すコリオリ力が発生する。

【0007】

$$F_c = 2 \cdot m \cdot V \cdot \Omega \cdots \cdots (1)$$

【0008】なお、式（1）において、 F_c はコリオリ力、 m は振動子の質量（kg）、 V は振動子の駆動時の速度（m/s）、 Ω は作用する角速度（°/s）である。

【0009】そうすると、提案の角速度センサ 1 においては、前記のように、平面振動体 3 における X 方向の振動の共振周波数と重り振動体 5 における Z 方向の振動の共振周波数とがほぼ一致するように調整され、重り振動体 5 と枠体 6 とは Z 方向の振動の共振周波数が互いに異なる共振周波数を有するようになっていることから、前記コリオリ力によって平面振動体 3 の重り振動体 5 だけが大きく Z 方向に振動し、重り振動体 5 の底面電極と下部電極 18 との間の静電容量の変化に基づいて Y 軸回りの回転角速度の大きさ等が検知される。

【0010】また、このとき、枠体 6 および移動電極 11A、11B は枠体 6 と重り振動体 5 との Z 方向の振動の共振周波数が異なっているので、ほとんど Z 方向に振動しないため、移動電極 11A、11B が固定電極 13

A, 13Bに対してずれることがなく、平面振動体3は常に安定した振動振幅の大きさを励振振動を行えとされていた。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記の如く、重り振動体5と枠体6とのZ方向の振動の共振周波数を互いに異なる共振周波数にすることにより、Z方向のコリオリ力によって重り振動体5のみをZ方向に大きく振動させ、枠体6はZ方向にほとんど振動させないようにすることは原理的には可能だが、平面振動体3はコ字形状の支持梁8に支持されて固定基板21に取り付けられているものであり、重り振動体5は、高さおよび幅がほぼ同じ厚みの連結梁4を介して枠体6に設けられているものであるため、実際には、重り振動体5がZ方向に振動すると、枠体6もZ方向に多少振動してしまう。そして、枠体6のZ方向の振動により、移動電極11A, 11BもZ方向に振動してしまうため、平面振動体3が前記のように常に安定した振動振幅の励振振動を行えとは限らず、Y軸回りの回転角速度の大きさを高精度で検出する機能に多少支障がでてしまうことに本出願人は気付いた。

【0012】本発明は上記課題を解決するためになされたものであり、その目的は、振動体をX方向に振動させ、Y軸回りの回転によって生じるコリオリ力により、振動体全体がZ方向に振動することを抑制し、Y軸回りの回転角速度を非常に正確に検出することができる角速度センサを提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は次のような構成をもって課題を解決するための手段としている。すなわち、第1の発明は、枠体の内側に連結梁を介して重り振動体が連結されて枠体と重り振動体の結合体によって平面振動体が形成され、この平面振動体は固定基板に支持梁を介してX, Y二次元平面のX方向の振動が可能に支持されており、前記枠体の外端部には移動電極が設けられ、固定基板側には該移動電極と間隔を介して固定電極が設けられ、また、前記重り振動体には垂直移動側電極が設けられるとともに該垂直移動側電極と間隔を介した対向側には固定対向電極が設けられ、前記移動電極と固定電極の組は平面振動体を静電力によってX方向に振動させる励振電極として構成され、前記垂直移動側電極と固定対向電極の組はY軸回りの回転の角速度変化に対応する重り振動体の前記X, Y平面に垂直なZ方向の振動振幅を検出するY軸回り角速度検出電極として構成され、前記連結梁は前記重り振動体の検出振動方向となるZ軸方向の剛性が平面振動体の振動方向であるX方向の剛性よりも小さく形成され、前記支持梁は前記平面振動体の振動方向であるX方向の剛性が前記重り振動体の検出振動方向となるZ軸方向の剛性よりも小さく形成されている構成をもって課題

を解決するための手段としている。

【0014】また、第2の発明は、前記第1の発明の構成に加え、重り振動体は四角形状を呈しており、連結梁はL字形状を呈しており、重り振動体の四隅部にはそれぞれ連結梁のL字形状の短辺の先端側が接続され、各連結梁のL字形状の長辺は重り振動体の辺に間隔を介して沿わせて前記L字形状の短辺の先端側が接続されている隅部の反対側の隅部に向けて伸設されてその伸設先端側が枠体側に接続されている構成をもって課題を解決するための手段としている。

【0015】さらに、第3の発明は、前記第1の発明の構成に加え、連結梁は平面振動体の振動方向となるX方向と直交するY方向に設けられている構成をもって課題を解決するための手段としている。

【0016】第4の発明は、前記第1乃至第3の発明のいずれか1つの構成に加え、固定基板側に重り振動体と間隔を介して重り振動体に静電力を印加するための静電力印加電極を設けた構成としている。静電力印加電極に直流電圧を印加して重り振動体に静電力を印加することにより、重り振動体のZ方向に共振周波数を調整することができ、共振周波数を微調整することで角速度を高密度に検出できるようになる。

【0017】上記構成の本発明において、枠体の内側に連結梁を介して重り振動体が連結されて枠体と重り振動体の結合体によって平面振動体が形成され、前記連結梁は前記重り振動体の検出振動方向となるZ軸方向の剛性が平面振動体の振動方向であるX方向の剛性よりも小さく形成され、前記支持梁は前記平面振動体の振動方向であるX方向の剛性が前記重り振動体の検出振動方向となるZ軸方向の剛性よりも小さく形成されているために、平面振動体はその振動方向であるX方向に振動し易く、重り振動体の検出振動方向となるZ方向に振動しにくく、一方、重り振動体は平面振動体の振動方向であるX方向に振動しにくく、重り振動体の検出方向となるZ方向に振動し易い。

【0018】そのため、平面振動体がX方向に振動してY軸回りの回転によってZ方向のコリオリ力が生じたとき、このコリオリ力によって重り振動体のみがZ方向に大きく振動して平面振動体の枠体はZ方向にほとんど振動せず、平面振動体は安定した振動振幅での振動が可能となり、Y軸回りの回転角速度が精度よく検出され、上記課題が解決される。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面に基いて説明する。なお、本実施形態例の説明において、図6に示した角速度センサと同一名称部分には同一符号を付し、その重複説明は省略する。図1には、本発明に係る角速度センサの一実施形態例の振動子構成が斜視図により示されている。本実施形態例の角速度センサ1は、図6に示した角速度センサ1と同様に、

平面振動体3と、移動電極11A、11Bと、固定電極13A、13Bと、支持梁8と、下部電極16とを有しており、平面振動体3は、直角四辺形状の枠体6の内側に連結梁4を介して重り振動体5が連結されて形成されている。

【0020】また、移動電極11A、11Bと固定電極13A、13Bの組は平面振動体3を静電力によってX方向に振動させる励振電極として構成され、重り振動体5の垂直移動側電極と下部電極16の組はY軸回りの回転の角速度変化に対応する重り振動体5のZ方向の振動振幅を検出するY軸回り角速度検出電極として構成されている。なお、図中20は重り振動体5への接続電極を示す。

【0021】本実施形態例が図6に示した角速度センサ1と異なる特徴的なことは、連結梁4は重り振動体5の検出振動方向となるZ軸方向の剛性が平面振動体3の振動方向であるX方向の剛性よりも小さく形成され、支持梁8は平面振動体3の振動方向であるX方向の剛性が重り振動体5の検出振動方向となるZ方向の剛性よりも小さく形成されていることである。

【0022】具体的には、本実施形態例の角速度センサ1は、ガラス基板23上に厚さ50 μ mのシリコン層25を加工して平面振動体3および支持梁8を備えた振動子を形成しているが、連結梁4は厚さ5 μ m程度に局所的に薄く加工され、梁幅は50 μ mと成している。検出梁4は、このように、幅50 μ mに対して厚さ5 μ mとすることにより、前記の如く、Z軸方向の剛性がX軸方向の剛性よりも小さく形成されている。前記支持梁8は、梁幅が5 μ mと成しており、このように、梁幅が5 μ mに対して、前記の如く厚みが50 μ mと成していることから、X方向の剛性がZ軸方向の剛性よりも小さく形成されている。

【0023】また、本実施形態例では、図6に示した角速度センサ1と異なり、検出梁4は図の右側にのみ2本設けられており、連結梁4は平面振動体3の振動方向となるX方向と直交するY方向に設けられており、重り振動体5は連結梁4によって直角四辺形状の枠体6の図の右側の辺に接続されている。

【0024】さらに、本実施形態例では、平面振動体3におけるX方向の振動の共振周波数と、重り振動体におけるZ方向の振動の共振周波数とがほぼ一致するように調整され、このようにすることで、駆動モードの共振周波数と検出モードの共振周波数がほぼ一致するように調整されている。

【0025】具体的には、平面振動体3のX方向の振動は支持梁8に支持されて行われるため、駆動モードの共振周波数は支持梁8の寸法で決まる。また、平面振動体3のX方向の励振によるY軸回りの回転で生じるZ軸方向のコリオリ力で重り振動体5がZ軸方向に振動すると、この振動は連結梁4に支持されて行われるため、検

出モードの共振周波数は連結梁4の寸法で決まる。そのため、本実施形態例では、これらの寸法を適切な大きさに設計して駆動モードと検出モードの共振周波数を一致させている。例えば、検出モードの共振周波数が駆動モードの共振周波数よりも高い場合は、連結梁4を集束イオンビーム加工等でトリミングすることにより、検出モードの共振周波数を低くして駆動モードの共振周波数と一致させている。

【0026】本実施形態例は以上のように構成されており、次に、本実施形態例の角速度センサ1の作製工程を図2、3に基づいて説明する。まず、図2の(a)に示すように、ガラス基板23の表面側にキャビティ24となる窪みを形成し、同図の(b)に示すように、キャビティ24に下部電極16を形成する。一方、同図の(a')に示すように、厚さ50 μ mの活性層Si33の上部側に埋め込みSiO₂32をし、さらに、その上部側に支持層Si31を形成し、さらにその上部側にSiO₂30を形成したSOI (Silicon On Insulator) 基板を用意し、同図の(b')に示すように、表面のSiO₂30をエッチングする。そして、同図の(c)に示すように、ガラス基板23の上部側にSiO₂エッチング後のSOI基板を陽極接合する。なお、図中34は接合界面を示す。

【0027】次に、同図の(d)に示すように、ドライエッチング又はKOH等のアルカリ水溶液によるエッチングでSOI基板の支持層Si31を除去し、さらに、同図の(e)に示すように、絶縁膜である埋め込みSiO₂32を除去する。

【0028】次に、図3の(a)に示すように活性層Siの表面側にレジスト35を塗布してパターニングする。なお、このパターニングは、連結梁4を形成するためのパターニングである。次に、同図の(b)に示すように、レジスト35をマスクとして、連結梁4となる部分の活性層Si33を厚さ5 μ mまでエッチングし、レジスト35を除去する。次に、同図の(c)に示すように、レジスト35をマスクとしてパターニングし、同図の(d)に示すように、レジスト35をマスクとして活性層Siをドライエッチングし、ガラス基板23に届くまで垂直加工することにより、振動子を作製する。

【0029】このような工程で作製されたガラス基板23上の振動子は、ダイサー等でチップに分離し、検出・駆動回路等と一緒にパッケージングして角速度センサ1とする。なお、本実施形態例の角速度センサ1は空気のダンピングの影響を避けるため、真空パッケージし、パッケージ内部の圧力等を調整することにより、検出モードのQ (Quality Factor) 値を最適の値に調整し、感度と安定性のバランスがとれた角速度センサを作製する。

【0030】本実施形態例の角速度センサ1は以上のようにして作製されるものであり、この角速度センサ1において、移動電極11A、11Bと固定電極13A、1

3 B間の静電力によって平面振動体3を平面振動体3と同一平面内でX方向に励振させるが、重り振動体5を支持する連結梁はZ軸方向の剛性がX方向の剛性よりも小さく形成されていて、X方向に振動しにくいために、平面振動体3をX方向に励振させても、この励振によって重り振動体5が枠体6に対してX方向にぶれるようなことはない。

【0031】そして、平面振動体3がX方向に励振してY軸を中心として回転すると、Z方向のコリオリ力が生じるが、本実施形態例では、平面振動体3を支持する支持梁8はZ方向の剛性がX方向の剛性よりも大きく形成されており、X方向に振動し易くZ方向には振動しにくい構成と成しており、一方、重り振動体5を支持する連結梁4は、前記の如く、Z方向の剛性がX方向の剛性よりも小さく形成されていてX方向に振動しにくくZ方向に振動し易く構成されているために、Z方向のコリオリ力によって平面振動体3の重り振動体5だけが大きくZ方向に振動し、枠体6はほとんどZ方向に振動しない。そして、重り振動体5の底面電極と、下部電極16との間の静電容量の変化に基づいてY軸回りの回転角速度の大きさ等が検知される。

【0032】また、平面振動体3にZ軸方向のコリオリ力が加えられたときに、重り振動体5のみが振動して移動電極11A、11Bが枠体6と一体となってZ軸方向に振動しないため、移動電極11A、11Bは固定電極13A、13Bに対してずれることがなく、平面振動体3は常に安定した振動振幅の大きさで励振振動を行う。

【0033】本実施形態例によれば、枠体6と重り振動体5を連結する連結梁4のZ方向の剛性をX方向の剛性よりも小さく形成し、平面振動体3を支持する支持梁8のX方向の剛性をZ軸方向の剛性よりも小さく形成したことにより、平面振動体3がX方向に振動してY軸回りに回転すると、重り振動体5だけがZ軸方向に振動し、枠体6はZ方向にほとんど振動しないようにすることができる。そのため、励振電極である移動電極11A、11Bが固定電極13A、13Bに対してZ軸方向にずれることはなく、平面振動体3は、移動電極11A、11Bあるいは固定電極13A、13Bに印加した電圧分の振幅の大きさで常に安定して励振振動をすることができるし、Y軸回りの回転角速度を精度よく検知することができる。

【0034】また、本実施形態例によれば、連結梁4の剛性と支持梁8の剛性を前記の如く形成して重り振動体5はZ軸方向に振動し易くX方向に振動しにくい構成とし、枠体6はX方向に振動し易くZ軸方向に振動しにくい構成としたことから、駆動モードの共振周波数を支持梁8の寸法によって決め、検出モードの振動周波数を連結梁4の寸法によって決めることができるために、平面振動体3のX方向の励振振動の共振周波数と重り振動体5のZ方向の振動の共振周波数とを容易に一致させるこ

とが可能となり、角速度センサ1の感度を高いものとすることができる。

【0035】さらに、図6に示した角速度センサ1のように、連結梁4を平面振動体3の振動方向であるX方向と同じ方向に形成されていると、平面振動体3を振動させたときに生じる加速度が連結梁4と同方向に生じることから、この加速度と重力との合力方向に生じる力が重り振動体5を上下させる方向に働き、この上下方向の変動成分によって重り振動体5の底面電極と下部電極16との間の静電容量変化に変動が生じることになる。そうすると、Y軸回りの回転角速度検知の精度等に支障が生じるが、本実施形態例では、連結梁4を平面振動体3の振動方向となるX方向と直交するY方向に設けたことにより、平面振動体3の振動によって生じる加速度によるモーメントは重り振動体5のねじれ方向に発生して上下方向の変動成分が生じることはないために、Z軸方向に生じるコリオリ力に影響を与えることはなく、Y軸回りの回転角速度検知をより一層精度よく行うことができる。

【0036】さらに、本実施形態例によれば、図2、3に示したような方法により振動子を作製し、例えば基板上のポリシリコンあるいは単結晶シリコン層をドライエッチング加工して振動子を作製する場合と異なり、エッチングが可能な範囲で振動子の厚さを厚くすることができるために、振動子の質量を大きくすることが可能となり、角速度センサの感度をより一層向上させることができる。なお、振動子の厚みのうち、連結梁4の厚みのみは薄いため、連結梁4の長さは短くてもZ軸方向の共振周波数を低くすることが可能となり、重り振動体5のZ軸方向の共振周波数と平面振動体3のX方向の共振周波数とをほぼ一致させて小型の振動子とし、角速度センサ1を小型化することができる。

【0037】図4には、本発明に係る角速度センサの第2実施形態例における平面振動体3の構成が示されている。なお、同図の(a)にはその平面図が示されており、同図の(b)には、(a)のA-A'断面図が示されている。同図に示すように、平面振動体3の重り振動体5は四角形状を呈しており、連結梁4はL字形状を呈しており、重り振動体5の四隅部にはそれぞれ連結梁4のL字形状の短辺26の先端側が接続されている。また、各連結梁4のL字形状の長辺27は、重り振動体5の辺に間隔を介して沿わせて、L字形状の短辺26の先端側が接続されている隅部に向けて伸設されて、その伸設先端側が枠体6側に接続されている。

【0038】本実施形態例の上記以外の構成は上記第1実施形態例と同様であり、本実施形態例も上記第1実施形態例と同様の作製方法により作製され、同様に動作し、同様の効果を奏することができる。

【0039】また、本実施形態例のように、四本の連結梁4を用いて重り振動体5と枠体6とを連結する場合

に、連結梁4をL字形状として、上記のように連結すると、重り振動体5のZ軸方向の共振周波数と平面振動体3のX方向の共振周波数を一致させ易いために、角速度センサ1の感度を高くすることができる。

【0040】なお、本発明は上記各実施形態例に限定されることなく、様々な実施の態様を採り得る。例えば、上記実施形態例では、支持梁8の固定端側がかぎ爪形状に折曲形成されていたが、支持梁8の形状は特に限定されるものではなく、平面振動体3をX、Y二次元平面のX方向に振動可能に支持できる形状に適宜に設定されるものである。

【0041】また、上記各実施形態例では、移動電極11A、11B、固定電極13A、13Bは櫛歯電極としたが、移動電極11A、11B、固定電極13A、13Bは必ずしも櫛歯電極とするとも限らず、電極形状は適宜に設定されるものである。

【0042】さらに、上記各実施形態例では、重り振動体5は振動体として機能するだけでなく垂直移動型電極としても機能していたが、重り振動体5に別個の垂直移動型電極を設けてもよい。

【0043】さらに、上記第1実施形態例では、連結梁4を平面振動体3の振動方向であるX方向と直交するY方向に設けたが、連結梁4は、図6に示した角速度センサ1のように、X方向に設けても構わない。ただし、連結梁4をY方向に設けることにより、前記の如く、振動によって生じる加速度の影響を受けることなくY軸回りの回転角速度を極めて正確に検知することができるために、連結梁4はY方向に設けることが望ましい。

【0044】さらに、上記各実施形態例において、図5の(a)、(b)に示すように、固定基板23側に重り振動体5と間隔を介して、重り振動体5に静電力を印加するための静電力印加電極14を設けることができる。静電力印加電極14に直流電圧を印加すると、重り振動体5に静電力が作用し、これが静電的なバネとして重り振動体5に作用する。すなわち、重り振動体5がZ方向に振動するときに振幅を増大させる方向に静電力が作用するため、機械的なバネと反対方向の力を発生させる効果があり、結果的に重り振動体5の共振周波数を低下させる。よって、直流電圧の大きさを調整することで、重り振動体5の固有の共振周波数から低周波数側に共振周波数を微調整できる。この効果を利用すると、重り振動体5の固有の共振周波数を最も高感度な共振周波数よりわずかに高く設計しておけば、直流電圧の調整により最も高感度な共振周波数に微調整できる。なお、図5の(a)は上記第1実施形態例に静電力印加電極14を設けた例の側断面図、(b)は上記第2実施形態例に静電力印加電極14を設けた例の側断面図を示す。

【0045】

【発明の効果】本発明によれば、枠体の内側に連結梁を介して重り振動体が連結された平面振動体を支持する支

持梁は平面振動体の振動方向であるX方向の剛性が重り振動体の検出振動方向となるZ軸方向の剛性よりも小さく形成し、前記連結梁は前記Z軸方向の剛性が前記X方向の剛性よりも小さく形成されたものであるから、平面振動体はX方向に振動し易くZ方向に振動しにくく、その逆に、重り振動体はZ方向に振動し易くX方向に振動しにくくすることができる。

【0046】そのため、平面振動体のX方向の振動によりY軸方向に回転し、Z軸方向にコリオリ力が発生すると、コリオリ力によって重り振動体のみがZ軸方向に大きく振動し、平面振動体の枠体はZ軸方向にほとんど変動しないため、例えば、平面振動体は、枠体に設けた移動電極と、移動電極と間隔を介して設けた固定電極とのいずれかに印加した電圧分の梁幅の大きさで常に安定して励振振動することができるし、重り振動体の振動によって検出されるY軸回りの回転角速度を正確に検知することができる。

【0047】また、本発明によれば、支持梁と連結梁との剛性を前記の如く構成することにより、枠体は前記X方向に振動し易く前記Z軸方向に振動しにくく、重り振動体は前記X方向に振動しにくくZ軸方向に振動し易いため、重り振動体のZ軸方向の共振周波数は連結梁の寸法により決定し、平面振動体のX方向の共振周波数は支持梁の寸法により決定することができる。したがって、重り振動体のZ軸方向の共振周波数と平面振動体のX方向の共振周波数を容易に一致させることが可能となり、両共振周波数を略一致させることにより、容易に、高感度の角速度センサとすることができる。

【0048】また、重り振動体は四角形状を呈しており、連結梁はL字形状を呈しており、重り振動体の四隅部にはそれぞれ連結梁のL字形状の短辺の先端側が接続され、角連結梁のL字形状の長辺は重り振動体の辺に間隔を介して沿わせて前記L字形状の短辺の先端側が接続されている隅部の反対側の隅部に向けて伸設されてその伸設先端側が枠体側に接続されている本発明の角速度センサによれば、連結梁の形状および連結梁の重り振動体と枠体との接続状態を上記の如く構成することにより、重り振動体のZ軸方向の共振周波数と平面振動体のX方向の共振周波数とを非常に一致させ易くすることができる。

【0049】さらに、連結梁は平面振動体の振動方向となるX方向と直交するY方向に設けられている本発明によれば、平面振動体の振動によって生じる加速度が重り振動体に対して上下方向に作用することを防ぐことができるために、前記加速度の影響を受けることなくY軸回りの回転角速度をより一層正確に検知することができる。

【0050】さらにまた、固定基板側に重り振動体と間隔を介して、重り振動体に静電力を印加するための静電力印加電極を設けた構成とし、静電力印加電極に直流電

11

圧を印加して重り振動体に静電力を印加することにより、重り振動体のZ方向の共振周波数を調整することができ、共振周波数を微調整することで角速度を高密度に検出できるようになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る角速度センサの第1実施形態例の振動子構成を示す要部構成図である。

【図2】上記実施形態例の角速度センサの振動子作製工程を示す説明図である。

【図3】上記実施形態例の角速度センサの振動子作製工程を図2に続いて示す説明図である。

【図4】本発明に係る角速度センサの第2実施形態例に設けられている平面振動体を示す構成図である。

12

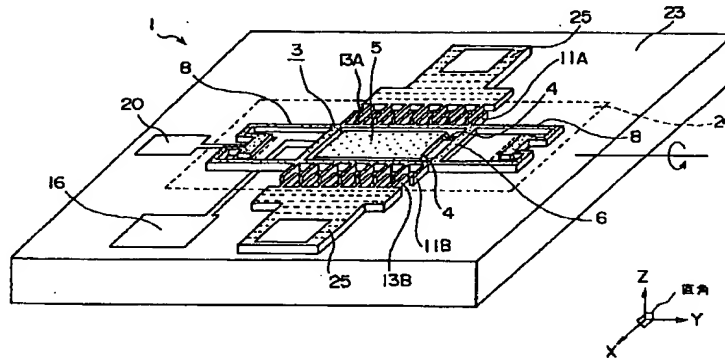
【図5】本発明に係る角速度センサの他の実施形態例の平面振動体構成を示す断面図である。

【図6】本出願人が先に提案している角速度センサの振動子構成の一例を示す説明図である。

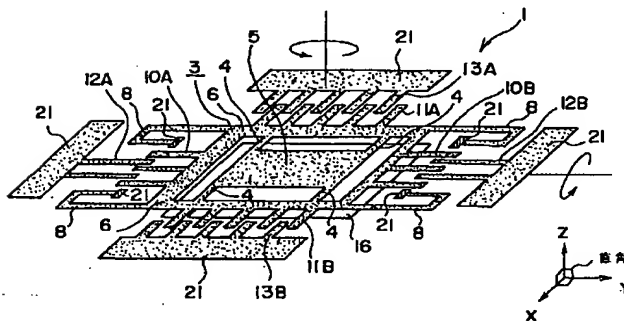
【符号の説明】

- 3 平面振動体
- 4 連結梁
- 5 重り振動体
- 6 枠体
- 8 支持梁
- 11A, 11B 移動電極
- 13A, 13B 固定電極
- 14 静電力印加電極

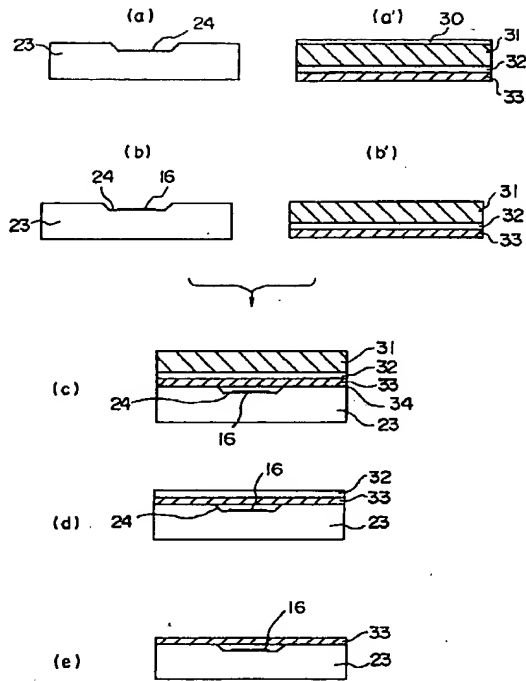
【図1】



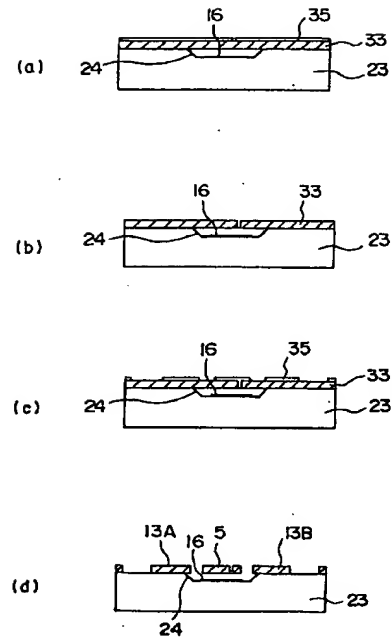
【図6】



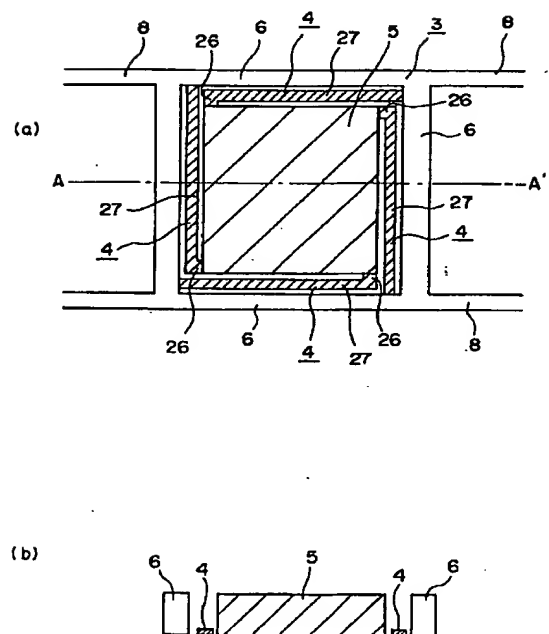
【図2】



【図3】

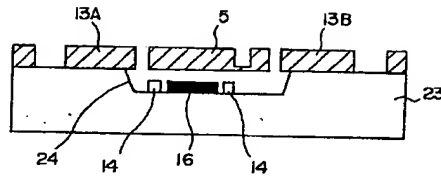


【図4】



【図 5】

(a)



(b)

